

Aleksi Stenberg

UL- POTKURILAITTEEN NOSTOSYLINTERIN
MATERIAALITARKASTELU

Kone – ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
2015

UL – POTKURILAITTEEN NOSTOSYLINTERIN MATERIAALITARKASTELU

Stenberg, Aleksi
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone – ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Helmikuu 2015
Ohjaaja: Juuso, Jarmo
Sivumäärä: 46
Liitteitä: 0

Asiasanat: korroosio, materiaalivalinta, pinnoite

Opinnäytetyön aiheena oli tutkia vaihtoehtoisia materiaaleja ja pinnoituksia UL – potkurilaitteen nostosylinterille. Työ rajattiin tarkasti sylinteriputkeen eikä siinä otettu huomioon hydraulikkaan tai linjaukseen liittyviä asioita. Työssä tutkittiin ja selvitettiin taustatietoja materiaaleista ja pinnoituksista. Niiden avulla pystyttiin kertomaan soveltuuko kyseinen materiaali tai pinnoite vallitsevaan käyttöympäristöön. Haasteellisuutta työhön toi se, että nostosylinterin käyttöympäristö on merivesi. Materiaalilta ja pinnoitteelta vaadittiin erinomaista korroosionkestävyyttä ja kovuutta. Vaihtoehtoiset materiaalit ja pinnoitteet olivat duplex, kovakromaus ja kuumasinkitys.

Nykyinen ratkaisu on aiheuttanut yksittäisiä vikaraportteja korroosion vuoksi, joten haluttiin tutkia vaihtoehtoisia materiaaliratkaisuja sylinteriputkelle. Lisäksi nykyinen ratkaisu on yli kymmenen vuotta vanha, joten haluttiin selvittää onko hintalaatusuhde kohdillaan. Työssä tarkasteltiin nykyistä sylinteriputkea kertomalla sen rakenne ja korroosioauriot. Nostosylinteri suunniteltiin uudelleen jokaiselle ratkaisulle sopivaksi. Suunnittelu tapahtui AutoCAD – piirustusohjelmalla.

Työn tarkoitus oli myös saada tarjouksia sylinteriputken toimittajilta. Tarjouksia saatiin yhteensä kolmelta toimittajalta, jotka takasivat vertailukelpoisen asetelman. Tarjouksissa oli tärkeää tuoda esille hinta ja toimitusaika, jotta niitä voitaisiin vertailla keskenään. Piirustukset lähetettiin toimittajille, joiden perusteella he antoivat tarjoukset. Materiaalien ja pinnoitteiden taustatietojen tutkiminen sekä hintojen ja toimitusaikojen esille tuominen loi kattavan perustelun siitä, mihin ratkaisuun päädyttiin.

THE MATERIAL REVIEW OF UL –AZIMUTH THRUSTER LIFTING CYLINDER

Stenberg, Aleksi

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in mechanical and production engineering

February 2015

Supervisor: Juuso, Jarmo

Number of pages: 46

Appendices: 0

Keywords: corrosion, material, coating

The purpose of this thesis was to research one alternative material and two surface treatments for lifting cylinder of UL –azimuth thruster. There was no research for hydraulics or alignments. The thesis contains background information of materials and surface treatments. These gave knowledge to tell if the material or surface treatments are suitable for this underwater application. The challenge of this thesis was its environment, seawater. The lifting cylinder requires extremely good corrosion resistance and material hardness. Alternative materials and surface treatments were duplex, hard chrome and zinc metallized.

The current lifting cylinder has had a few damage reports due to the corrosion. This is why alternative materials and surface treatments are under a study. Also, the current application is over ten years old, so the cost of the manufacturing may also have changed. The lifting cylinder was redesigned for every new material and surface treatment. Designing was done by AutoCad –drawing program.

Another purpose of this thesis was to get quotations from suppliers. Three different suppliers offered quotations for the lifting cylinder. The drawings were sent to the suppliers, so they could give an accurate price and delivery time. The number of the quotations was enough to compare prices and delivery times together. All in all, information of the material and surface treatments and quotations gave a good argument, to choose the best.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
1.1	Taustat ja tavoitteet.....	5
1.2	Työn rajaus.....	6
2	YRITYSESITTELY	7
2.1	Rolls-Royce Marine	7
2.2	Rolls-Royce Oy Ab.....	8
3	POTKURILAITTEET	9
3.1	UL- potkurilaite	10
4	NOSTOSYLINTERIN KORROOSIOVAURIOT	12
4.1	Korroosio yleisesti	12
4.2	Korroosio nostosylinterissä.....	14
5	PINNOITUSMENETELMÄN VALINTA	17
5.1	Nykyinen materiaali.....	17
5.2	Duplex.....	18
5.3	Kovakromauspinnoite	19
5.4	Kuumasinkityspinnoite	20
6	VAIHTOEHTOISIA RATKAISUJA.....	24
6.1	Nykyinen ratkaisu	24
6.2	Duplex.....	26
6.3	Kovakromi	27
6.4	Kuumasinkitys	29
7	HANKINTA JA HINNAT	30
7.1	Nykyinen toimittaja ja kustannus.....	30
7.2	Duplex.....	33
7.3	Kovakromi	37
7.4	Kuumasinkitys	41
8	TULOKSET JA NIIDEN ARVIOINTI	42
9	YHTEENVETO JA KIITOKSET	44
	LÄHTEET.....	46
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

1.1 Taustat ja tavoitteet

Työn tarkoitus on selvittää, mistä materiaalista UL -potkurilaitteen nostosylinteri on hyvä valmistaa. Nykyisessä ratkaisussa on havaittu riskejä korroosiolle, joten tarkastelun alle otetaan eri materiaaleja korroosioriskin vähentämiseksi. Käytössä oleva ratkaisu on myös yli kymmenen vuotta vanha, joten halutaan tutkia, onko edullisempia vaihtoehtoja olemassa laadusta tinkimättä. Nykyinen sylinteri on materiaaliltaan terästä, jonka ulkopinta on vuorattu haponkestävällä levyllä. Levy on rei'itetty, joka mahdollistaa levyn tulppahitsauksen sylinteriputkeen. Levyt hitsataan myös sivuttaissaumoista sekä pitkittäissaumoista. Tämän jälkeen ulkopinta koneistetaan. Korroosiota on ilmennyt erityisesti tulppahitsauskohdissa ja materiaali on alkanut halkeilemaan.



Kuva 1. UL – potkurilaite (Rolls-Royce Oy Ab sisäinen tietokanta 2014)

Tavoitteeni on löytää nykyisen metodin tilalle toimiva ratkaisu käymällä läpi eri materiaali – ja pinnoitusvaihtoehtoja. Tehtäväni on tutkia duplex, kova kromaus ja kuumasinkitys menetelmiä ja löytää niistä ratkaisu nykyiseen ongelmaan. Kustakin materiaalista otan selvää kustannuksen, toimittajat ja toimitusajat kartoittamalla työntilaaajalle monipuolisen oppaan, jotta he pystyvät perustelemaan tulevan mahdollisen valinnan.

1.2 Työn rajaus

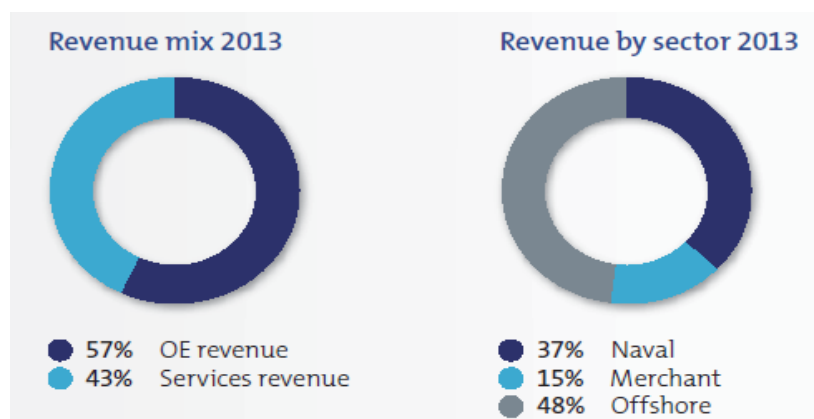
Tutkimustyö on tarkoitus rajata sylinteriputkeen ja sen materiaalivalintaan sekä pinnoitusmenetelmiin. Sylinteriputkea pitkin kulkevan tukiraudan ja sen liukurenkaan ulkoinen voima otetaan huomioon materiaali – ja pinnoitevalinnassa. Työhön ei kuulu hydraulikkaan tai linjaukseen perehtyminen, koska materiaalivalinnat eivät vaikuta näihin asioihin.

2 YRITYSESITTELY

2.1 Rolls-Royce Marine

Rolls-Royce Marine on osa Rolls-Royce Plc konsernia. Rolls-Royce Plc on jaettu neljään osaan: ilmailu, energia, merenkulku ja ydinvoima, jossa merenkulun osuus on 16 %. Tutkimustyöni on osa merenkulkua, joten rajaan esittelyni siihen. R-R Marine on yksi maailman johtavimmista toimittajista meriteollisuudessa, jonka osaamisalueeseen kuuluvat potkurilaitteet, kansikoneet, laivojen suunnittelu, moottoreiden valmistus, varaosat sekä huoltopalvelut. Näitä palveluja on tarjolla merellä sijaitseviin offshore öljyn - ja kaasunporausaluksiin, kauppalaivoihin ja sotalaivoihin. (Rolls-Royce Infocentre www-sivut 2014)

R-R Marine työllistää noin 6500 henkeä yhteensä 35 maassa. Asiakkaita on maailmanlaajuisesti yli 4000 mukaan lukien 70 asiakasta merivoimissa. Laitteita on reilussa 25000 aluksessa, joista noin 650 on UT-aluksia, jotka työskentelevät vaativissa olosuhteissa. (Rolls-Royce Infocentre www-sivut 2014)

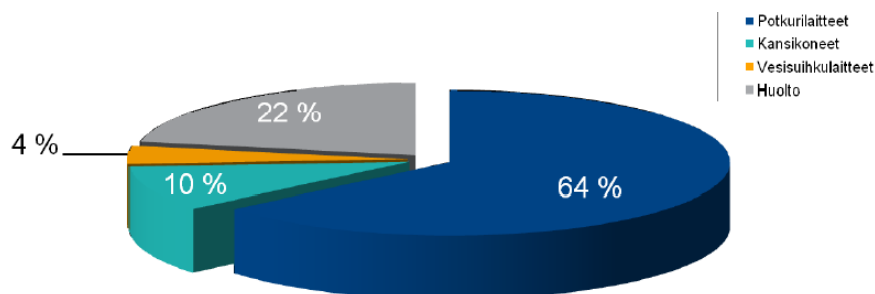


Kuvio 1. Tulot myynnin ja huollon perusteella sekä laivatyyppin mukaan vuonna 2013 (Rolls-Royce Oy Ab sisäinen tietokanta 2014)

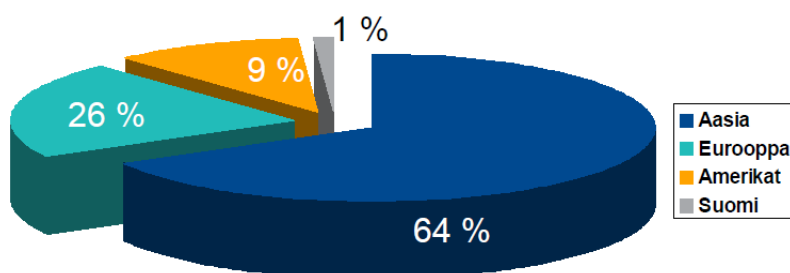
2.2 Rolls-Royce Oy Ab

Rolls-Royce Oy Ab on osa Rolls-Royce Marine konsernia, johon kuuluvat niin Rauman, Kokkolan kuin Helsingin toimipiste. Työntekijöitä Raumalla on 520, Kokkolassa 84 ja Helsingin myyntikonttorissa yksi henkilö. Rauman yksikkö suunnittelee, myy ja valmistaa 360° kääntyvät potkurilaitteet. Laitteiden pääasialliset sovel- luskohdeet ovat hinaajat, offshore tukialukset, kauppalaivat, lautat ja sotalaivat. Potkurilaitteiden tehoalue vaihtelee 250kW – 6500kW välillä mallista riippuen. Raumalla myös suunnitellaan ja myydään vintturijärjestelmiä. Kokkolan toimipiste vastaa vesisuihkulaitteiden valmistuksesta ja myynnistä. Vesisuihkulaitteiden tehoalue ulotuu 36MW asti. Näiden lisäksi yritys tarjoaa asiakaskoulutusta sekä huolto- ja varao- satoimintaa. (Rolls-Royce Oy Ab sisäinen tietokanta 2014)

Potkurilaitteilla ja vintturijärjestelmillä on pitkä historia Raumalla. Ensimmäinen AQUAMASTER – potkurilaite valmistui jo vuonna 1965. Marraskuusta 1999 lähtien Rauman potkurivalmistus on ollut Rolls-Royce Oy Ab:n alaisuudessa. Asiakkaita on maailmanlaajuisesti viennin osuuden ollessa 99 %. Vuoden 2013 liikevaihto oli EUR 579 miljoonaa. (Rolls-Royce Oy Ab sisäinen tietokanta 2014)



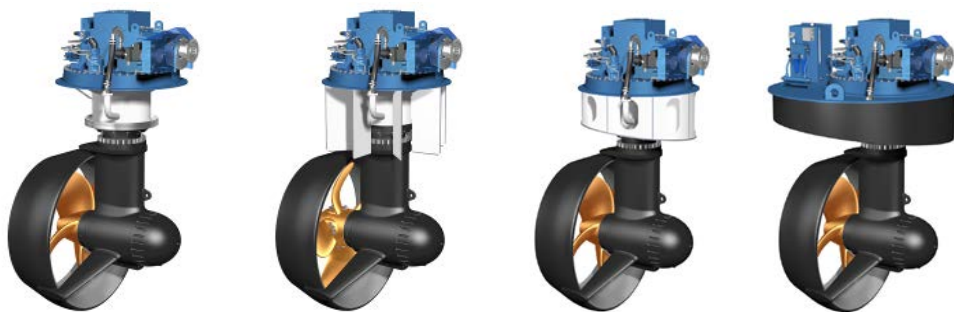
Kuvio 2. Liikevaihto Suomessa tuoteryhmittäin vuonna 2013 (Rolls-Royce Oy Ab sisäinen tietokanta 2014)



Kuvio 3. Liikevaihdon jakautuminen alueittain vuonna 2013 Rauman yksikössä (Rolls-Royce Oy Ab sisäinen tietokanta 2014)

3 POTKURILAITTEET

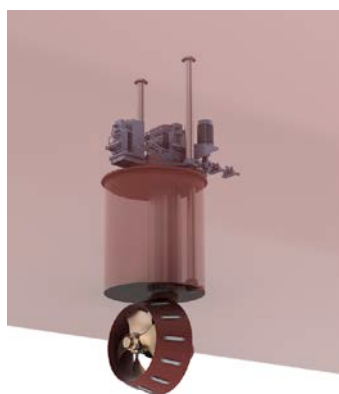
Rolls-Royce Oy Ab on maailmanjohtava kääntyvien potkurilaitteiden valmistaja. Kääntyvässä potkurilaitteessa potkuri kääntyy 360°, joten laite takaa erinomaiset ominaisuudet. Suunnittelussa on otettu huomioon paaluveto, nopeus ja paikallaan pysymisvaatimukset. Näin pystytään vastamaan asiakkaiden tyytyväisyys maailmalla. Yksinkertainen ja vahva tekniikka takaa luotettavan tuoteryhmän, jossa huolto ja varaosat varmistavat pitkän käyttöiän laitteelle. Laitteet on suunniteltu molemmille, niin diesel kuin sähkökäytölle sekä hydraulikka että sähkökäännölle. Asiakas saa myös valita haluaako se kiinteälapaisen potkurin (Fixed Pitch), säätösiipipotkurin (Controllable Pitch) vai vastakkain pyörivät potkurit (CRP). Potkurityyppejä voi soveltaa laitteisiin mallista riippuen. Useat mallit ovat myös saatavilla ilman suulaketta. Potkurilaitteiden asennus laivaan tapahtuu joko hitsaamalla tai pulttaamalla.



Kuva 2. weld-in, weld-in spider, weld-in cylindrical ja bolt-in – asennustavat (Rolls-Royce Oy Ab sisäinen tietokanta 2014)

3.1 UL- potkurilaite

Opinnäytetyöni liittyy UL – potkurilaitteeseen, joten otan sen tarkemman tarkastelun alle. UL – potkurilaitetta käytetään tilanteissa, joissa tarvitaan lisää suorituskykyä alukselle. Laite lasketaan ja nostetaan erikseen, kun sitä tarvitaan. Toisin sanoen se ei ole koko aikaa käytössä, vaan toimii apulaitteena. Matka-ajossa laite on nostettu sisälle niin, että se ei ulotu laivan rungon ulkopuolelle. Tämä vähentää huomattavasti laivan vastusta.



Kuva 3. UL – potkurilaite ala-asennossa eli toiminta-asennossa (Rolls-Royce Oy Ab sisäinen tietokanta 2014)

UL – laitteita on useita ja niiden koko vaihtelee tehon mukaan. Pienin UL – potkurilaite on UL 601, jonka maksimi teho on 440kW ja potkurinhalkaisija 1300mm. Kuivapaino tälle laitteelle on 6000kg. Suurin UL – potkurilaite on UL 355, jonka maksimiteho on 3700kW ja potkurinhalkaisija 3500mm. Kuivapaino tälle laitteelle on melkein 100 tonnia.

Taulukko 1. UL – potkurilaitteen kokotaulukko (Rolls-Royce Oy Ab sisäinen tietokanta 2014)

Technical data UL	UL 601	UL 901	UL 1201	UL 1401	UL 2001	UL 255	UL 305	UL 355
Propeller diameter (mm)	1300 PV	1600 PV	1800 PV	2000 PV	2300 PV	2800 TK	3000 TK	3500 TK
Propeller type	FP	FP	FP / CP	FP / CP	FP / CP	FP / CP	FP	FP
Max. input power (kW)	440	660	880	1200	1500	2200	3000	3700
Input speed alternatives (rpm)	1500 1800	1000 1200 1500 1800	750 900 1000 1200 1500 1800	750 900 1000 1200 1500 1800	750 900 1000 1200 1400 1600 1800	900 1000 1200 1500 1600 1800	750 800 1200 1600	720 750 900 1200
Dry weight (kg)	6000	12 000	16 500	24 000	27 500	47 000	66 000	97 000

UL – laitteen tyypillisiä käyttökohteita ovat mm. öljynporauslauttojen tukialukset ja tankkerit, tutkimusalukset, monitoimialukset ja eri sovelluskohteet, joissa vaaditaan ankkurointi apua. Asennus laivaan tapahtuu pulttikiinnityksellä, joka edellyttää runkoon hitsattavaa pohjakaivoa. Tämän jälkeen laite linjataan ja alatuki hitsataan paikoilleen. Nyt laite on valmis kiinnitettäväksi pulteilla.



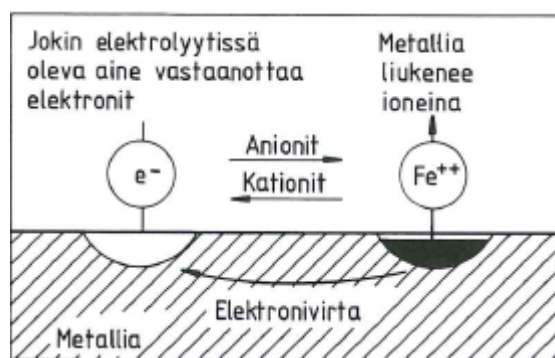
Kuva 4. UL – potkurilaitteen asennus laivaan (Rolls-Royce Oy Ab sisäinen tietokanta 2014)

Potkurilaitteen lasku ja nosto tapahtuu hydraulisesti ohjaamosta käsin. Laite avataan lukituksesta ja lasketaan alas. Tämän jälkeen laite jälleen lukitaan ja se on valmis käytettäväksi. Laitteen nosto- ja laskuvaiheessa kytkin vapauttaa liitännän, jolloin laite vapautuu. Moottori on asennettu vaakatasoon, joka edellyttää kytkimen toimintaa.

4 NOSTOSYLINTERIN KORROOSIOVAURIOT

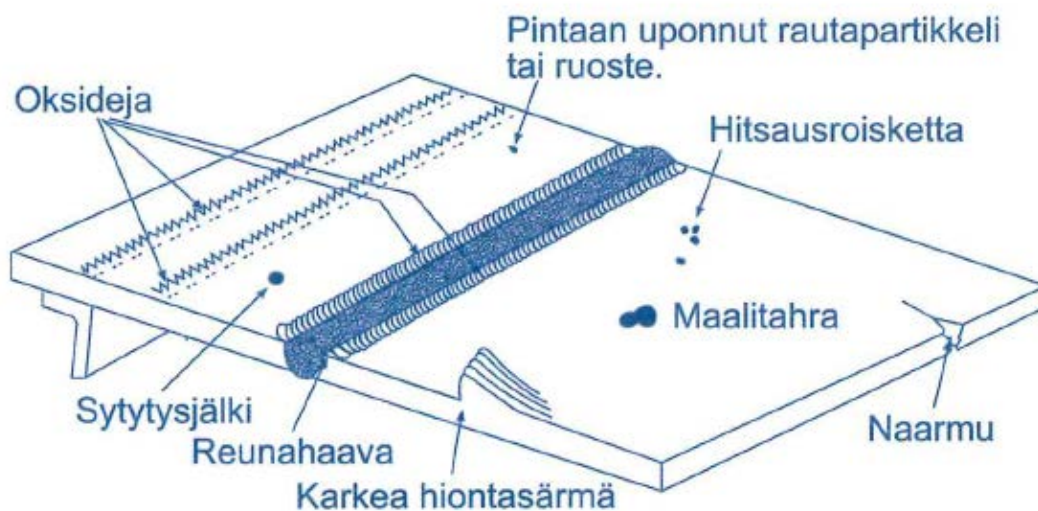
4.1 Korroosio yleisesti

Korroosio on reaktio, jonka seurauksena materiaali menettää käyttötarkoitukselleen tärkeitä ominaisuuksia ja näin aiheuttaa laadullisia ja taloudellisia ongelmia. Korroosio voidaan jakaa karkeasti kahteen kategoriaan, kemialliseen ja sähkökemialliseen korroosioon. Kemiallisessa korroosiossa syntyy syöpymistuotetta, kun metalli ja syövyttävä yhdiste reagoivat keskenään. Yksi kemiallisen korroosion muoto on metallin hapettuminen korkeassa lämpötilassa. Sähkökemiallinen on kemiallista korroosiota huomattavasti yleisempi. Sähkökemiallinen korroosio jaotellaan seuraaviin esiintymismuotoihin: yleinen syöpyminen, paikallinen syöpyminen, galvaaninen korroosio, mekaaninen rasitus, raerajakorroosio, valikoiva syöpyminen ja jännitystilan ja korroosion yhteisvaikutuksien murtumiin. Korroosion muoto riippuu materiaalin ominaisuuksista, kemiallisista ja mekaanisista ympäristötekijöistä, rakenteesta ja käyttökohteesta. (Tunturi ym. 1988, 100). (Koivisto ym. 2008, 12, 239)



Kuva 5. Sähkökemiallinen korroosio (Koivisto ym. 2008, 240)

Rakenteet voivat sisältää monenlaisia virheitä hitsauksen jälkeen. Lopullisen tuotteen korroosionkestävyys voi jäädä ilman jälkikäsittelyä huomattavasti heikommaksi kuin oli suunniteltu. On myös otettava huomioon, että jälkikäsittelyn vuoksi hitsiä ja perusainetta poistuu jää pintaan eroja korroosionkestävyydessä. Hitsimetalli on jäähdytysrakenteena epätasainen seosaineiden suhteen ja heikompi korroosionkestävyydeltään kuin perusaine. (Taulavuori, Kyröläinen & Manninen 2012, 43)



Kuva 6. Korroosion ydintymispaikkoja hitsausliitoksissa (Taulavuori, Kyröläinen & Manninen 2012, 43)

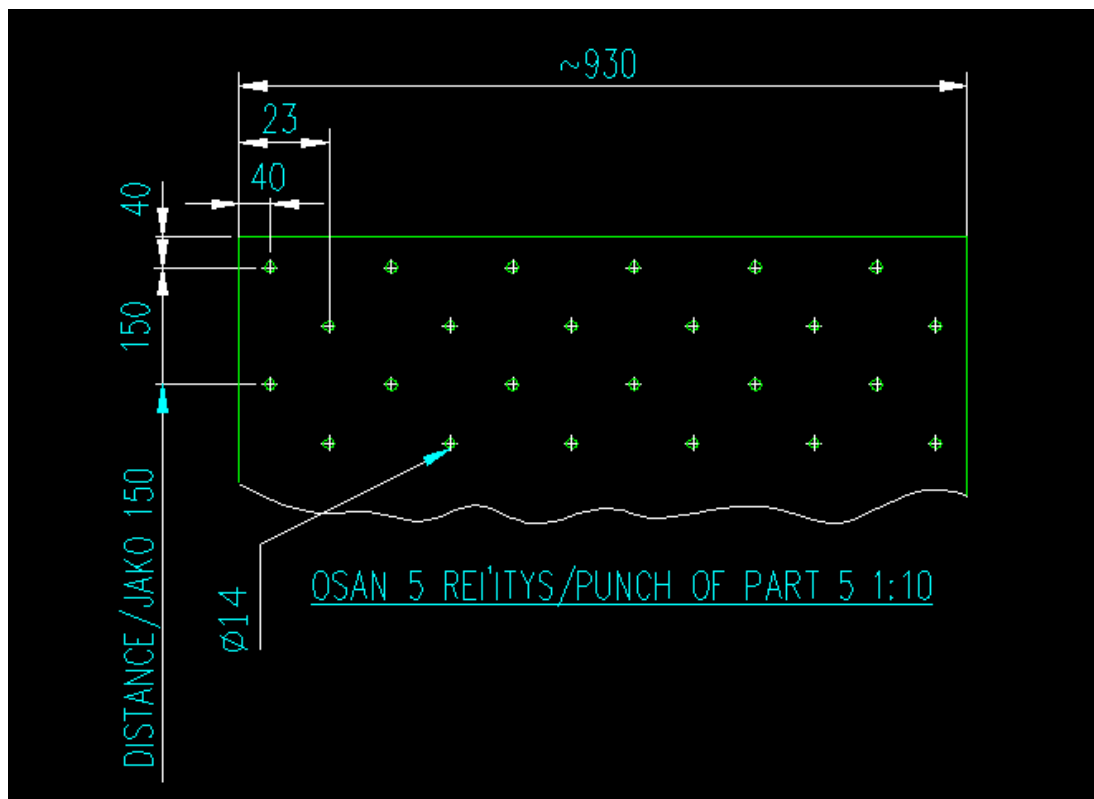
4.2 Korroosio nostosylinterissä

UL- potkurilaitteen nosto ja lasku tapahtuu hydraulisesti. Hydraulisylinterin ulkopinnan kestävyydelle tuo haasteita se, että ympärillä oleva aine on merivettä, joka sisältää suolaa eli natriumkloridia (NaCl). Merivesi nopeuttaa sähkökemiallista reaktiota ja näin edistää korroosiota. Lisäksi hydrauliputkeen kohdistuu horisontaalisesti ulkoinen voima tukirenkaasta, joka on 510kN. UL – laitteen väliosassa näkyy selvästi mitä sylinteriputkella tarkoitetaan. Ylempi punainen nuoli osoittaa sylinteriputkea ja alempi nuoli tukirengasta.



Kuva 7. Keskiosa UL – laitteesta sen ollessa ala-asennossa (Rolls-Royce Oy Ab sisäinen tietokanta 2014)

Sylinterin perusmateriaali on terästä (S355), joka on vuorattu haponkestävillä (SS2343) ja rei'itetyillä levyillä. Levyt on kiinnitetty sylinteriputkeen tulppahitsaus menetelmällä ja hitsaamalla sekä pituus että leveyssuunnassa.



Kuva 8. Haponkestävä levy rei'itettynä
(Rolls-Royce Oy Ab sisäinen tietokanta 2014)

Kuvasta (9.) näkee kuinka sylinteri on ruostunut sen alaosasta, jossa tukirengas on laitteen ollessa ala-asennossa. Tulppahitsaukset ovat alkaneet murtua ja lohkeilemaan korroosion vuoksi. Laite on ollut käytössä alkuvuodesta 2010.



Kuva 9. Ruostunut sylinteriputki UL 255 (Antola sähköposti 3.9.2014)

5 PINNOITUSMENETELMÄN VALINTA

Eri pinnoitteilla ja materiaaleilla on suuri merkitys miten sylinteriputki käyttäytyy vallitsevassa ympäristössä. Tavoitteena on, että tuote tavoittaa sille vaaditut toiminnot suunnitellun käyttöiän aikana ja halutussa ympäristössä mahdollisimman tehokkaasti, taloudellisesti ja turvallisesti. Usein materiaalien pitkäaikaiskestävyys ja luotettavuus ovat avainasemassa tuotteen kilpailukyvyn ja menestymisen kannalta. Tässä tapauksessa, kun vallitsevaan käyttöympäristöön ei pystytä vaikuttamaan on erityisen tarkkaa mitä materiaalia käytetään. On myös otettava huomioon, että erikoisissa käyttöolosuhteissa, johon merivesi olosuhde kuuluu, voi ainoa mahdollisuus olla eri materiaalien kokeileminen. (Koivisto ym. 2008, 248–249) (Taulavuori, Kyröläinen & Manninen 2012, 23)

5.1 Nykyinen materiaali

Sylinteriputki on perusmateriaaliltaan terästä, jonka ulkopinta on vuorattu haponkestävillä levyillä. Levyt on rei'itetty, joka mahdollistaa levyn tulppahitsauksen sylinteriputkeen kiinni. Haponkestävä levy on materiaaliltaan austeniittinen, joka on ruostumaton yleisteräs. Nämä teräkset ovat hitsattavia ja lähes kaikkia hitsausmenetelmiä voidaan käyttää. Korroosiokestävyydeltään austeniittiset ruostumattomat teräkset sijoittuvat tavanomaisten ferriittisten ja austeniittis-ferriittisten terästen välille. Austeniittiset teräkset kestävät myös hyvin hapettavia happoja ja fluorivetyhappoja, mutta korkeat kloridipitoisuudet ovat haitallisia. Kloridipitoisessa olosuhteessa ilmenevä korroosimuoto on yleisesti rako - ja pistekorroosiota. Austeniittiset teräkset sisältävät vähintään 17 % kromia ja 7 % nikkeliä. Kun tähän seostetaan 2-3 % molybdeenia, saadaan haponkestävää terästä. (Koivisto ym. 2008, 144–147)

5.2 Duplex

Austeniittis-ferriittiset ruostumattomat teräkset kutsutaan kahden eri kiderakenteen vuoksi duplex - teräksiksi. Duplex -teräkset lajitellaan seostuksensa mukaan neljään eri ryhmään, jotka ovat matala-, keski- ja runsasseosteiset sekä ns. superduplexit. Duplex – teräksillä on jännityskorroosionkestävyys kloridipitoisissa olosuhteissa yleensä parempi kuin austeniittisilla, joten ne soveltuvat meriteollisuuteen paremmin. Duplex – teräksellä myötölujuus on 500 N/mm². Duplex teräksen hyviin ominaisuuksiin kuuluvat sitkeys, hitsattavuus ja korroosionkestävyys. Kuitenkin hitsattaessa on kiinnitettävä huomiota lämmöntuontiin ja lisäaineen valintaan. Duplex – terästen rakenne-etuina ovat niiden keveys ja korroosionkestävyys. Siksi se on yksi varteen-otettavista vaihtoehtoista sylinteriputken materiaaliksi. (Koivisto ym. 2008, 147).

Taulokko 2. Eri ruostumattomien terästen pitoisuudet ja kuvaus
(Taulavuori ym. 2012, 8)

*	EN 10088	C %	Cr %	Ni %	Mo %	N %	Muut %	R _{p0,2} min. N/mm ²	R _m min. N/mm ²	A80 min. %	ASTM A-240 AISI / UNS	Kuvaus/Käyttö
A	1.4372	0,05	17	4	-	0,2	6,5Mn	350	750	45	201	Mangaaniseosteinen yleisteräs
A	1.4310	0,10	17	7	-	-	-	250	600	40	301	Ruostumaton jousiteräs
A	1.4318	0,02	17	7	-	0,14	-	350	650	35	301LN	Ruostumaton rakenneteräs
A	1.4301	0,04	18	8	-	-	-	230	540	45	304	Ruostumaton yleisteräs
A	1.4307	0,02	18	8,5	-	-	-	220	520	45	304L	Niukkahiilinen ruostumaton teräs
A	1.4541	0,04	18	9	-	-	Ti	220	520	40	321	Titaanistabiloitu ruostumaton teräs
A	1.4401	0,04	17	10,5	2	-	-	240	530	40	316	Ns. haponkestävä teräs
A	1.4404	0,02	17	10,5	2	-	-	240	530	40	316L	Niukkahiilinen haponkestävä teräs
A	1.4571	0,04	17	11	2	-	Ti	240	540	40	316Ti	Titaanistabiloitu haponkestävä teräs
A	1.4432	0,02	17	11	2,5	-	-	240	550	40	316L	Haponkestävä teräs, 2,5 % Mo
A	1.4439	0,02	17	13	4,5	0,15	-	290	580	35	-	Kemianteollisuuden erikoisteräs
A	1.4539	0,01	20	24	4,5	-	Cu	240	530	35	904L	Kemianteollisuuden erikoisteräs
A	1.4547	0,01	20	18	6	0,2	Cu	320	650	35	S31254	Merivesisovelluksien teräs
F	1.4003	0,02	11	0,5	-	-	-	320	450	20	S40977	12-krominen rakenneteräs
F	1.4512	0,02	11	0,2	-	-	Ti	220	380	25	409	Pakoputki- ja katalysaattoriteräs
F	1.4016	0,06	16	-	-	-	-	280	450	20	430	17-krominen yleisteräs
F	1.4509	0,02	18	-	-	-	Ti/Nb	250	430	18	S43932	18-krominen yleisteräs
F	1.4521	0,02	18	-	2	-	Ti/Nb	320	420	20	444	Kuumavesivaraajateräs
D	1.4162	0,02	21	1,5	0,3	0,22	-	530	700	20	S32101	Lean duplex LDX2101®
D	1.4462	0,02	22	5,5	3	0,17	-	500	700	20	S31803	22 % Cr duplex
M	1.4021	0,2	13	-	-	-	-	450	650	12	420	Akseliteräs lämpökäsittelytila QT650
M	1.4034	0,5	13	-	-	-	-	-	n. 700	12	420	Teräsmateriaali hehkutettuna
M	1.4313	0,03	13	4	0,5	0,04	-	630	780	15	S31803	Turpiiniteräs lämpökäsittelytila QT780

* Kiderakenteen mukainen ruostumattomien terästen ryhmittely, jossa A tarkoittaa austeniittista, F ferriittistä, D austeniittis-ferriittistä (duplex) ja M martensiittistä.

5.3 Kovakromauspinnoite

Kovakromaus on pinnoite, joka antaa kappaleelle kovan, kulutusta ja korroosiota kestävän pinnan. Pinnoite saostetaan pinnoitettavan kappaleen päälle, jonka vahvuus käyttötarkoituksen mukaan vaihtelee 5-500 mikrometrin välillä. Se soveltuu niin metallien kuin metalliseosten pinnoitteeksi. Kovakromauspinnoite on kustannus ja hyöty suhteeltaan hyvä, joka kestää hyvin happoja, emäksiä ja suoloja. Tarvittaessa pinnoitteen voi uusia helposti. (Pirkan kovakromaus Oy [www-sivut](http://www.sivut) 2014)

Kromipinnoitteita käytetään kahteen eri käyttötarkoitukseen, koristetarkoitukseen ja kulutusta kestäviin eli teknisiin tarkoituksiin. ”Monet teknisten kromipinnoitteiden ominaisuudet määräytyvät pinnoitteen mikrorakenteen mukaan. Tämä johtuu siitä, että kromia seostettaessa syntyy kromikerrokseen voimakkaita sisäisiä jännityksiä, mistä johtuen kaikkiin kromipinnoitteisiin muodostuu erittäin pieniä halkeamia. Nämä eivät ole paljain silmin nähtävissä. Halkeamien luonteesta riippuen on kyseessä:

- halkeillut kovakromi
- halkeilematon kovakromi
- huokoinen kovakromi
- kaksikerroksinen-kovakromi

Tutkimukset osoittavat, että tiheämmin ja hienosilmäisemmän halkeamakuvion omaavat kromikerrokset tai kromikerrokset, joissa on suuri määrä erittäin pieniä huokosia (mikrohuokoinen kromi), antavat paremman korroosiosuojan kuin makrohalkeilleet kromikerrokset.” (Tunturi ym. 1988, 611)

5.4 Kuumasinkityspinnoite

Kuumasinkityksellä tarkoitetaan sinkkikerroksella päällystettyä terästä. Sinkkikerros on suojaava ja hitaammin hapettuva metalli, joka suojaa terästä korroosiolta kahdella eri tavalla:

- muodostaa sulkukerroksen, joka estää kosteuden ja hapen tunkeutumisen teräksen pinnalle.
- kehittämällä katodisen suojan naarmujen, kolhiintumien, leikkausreunojen yms. kohdalle

Sinkki on epäjalo metalli, jolla on taipumus syöpyä helposti. Sen syöpymisnopeus on kuitenkin alhainen useissa olosuhteissa, koska syöpymistuotteet muodostavat nopeasti sinkin pinnalle korroosion jatkumista estäviä suojakalvoja. Niin kuin ilmastollisessa syöpymisessä myös nesteessä olevan sinkin pinta peittyy korroosiotuotteista muodostuvalla suojakerroksella. Huomioitavaa on kuitenkin, että virtausnopeudella ja lämpötilalla on suuri merkitys. Suojaava kerros voi liueta vaihtelevalla nopeudella tai sitä ei synny lainkaan. Jos veden virtausnopeus on yli 0,5 m/s, heikkenee suojakerroksen muodostuminen sinkin pinnalle, jolloin myös korroosio etenee nopeasti. Myös pH-arvo vaikuttaa korroosion etenemiseen. Sinkki on kuitenkin lähes stabiili 6-12,5 pH:n välillä, johon merivesi (n. 8pH) sijoittuu. Merivedessä ongelmaa aiheuttaa myös se, että suojauskyky ei useinkaan pysy vioittuneessa kohdassa, vaan ne huuhtoutuvat pois. Siinä tapauksessa suojausvaikutus säilyy, jos vioittunut kohta ei ole liian suuri. Sinkkipinnoitetta voidaan vahvistaa maalamalla tai Duplex-pinnoitteella. (Tunturi ym. 1988, 594-603) (Suomen kuumasinkitsijät ry [www-sivut 2007](http://www.sivut2007))

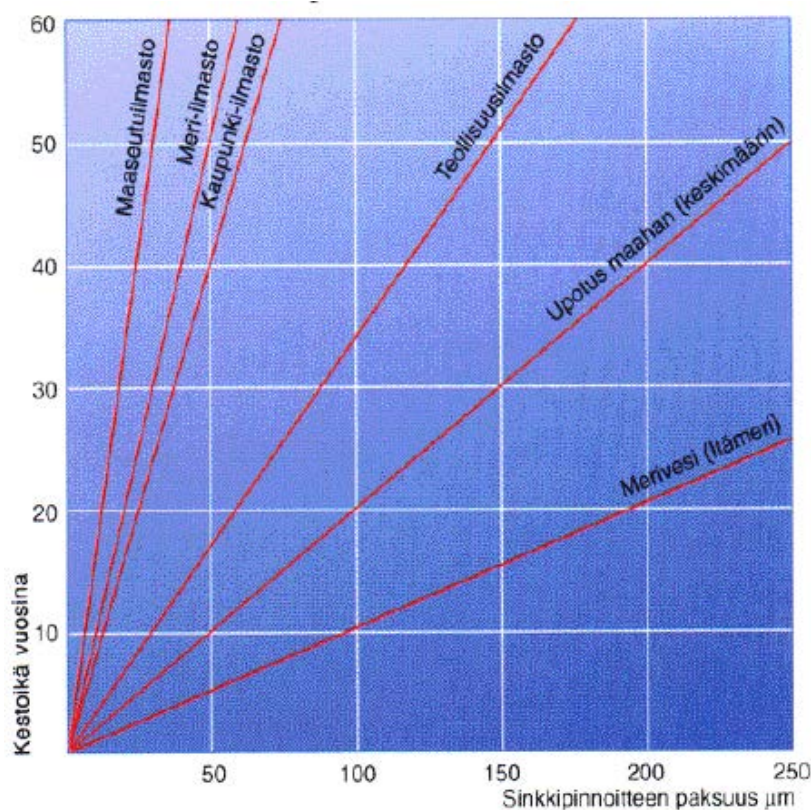


Kuva 10. Sinkkipinnoite verrattuna maalipinnoitteeseen.

(Suomen kuumasinkitsijät ry [www-sivut 2007](http://www.sivut2007))

”Kovat vedet, jotka sisältävät kalkkia ja magnesiumia, ovat hitaasti syövyttäviä. Kalkki muodostaa yhdessä hiilihapon kanssa sinkin pinnalle niukkaliukoisia karbonaatteja, jotka suojaavat sinkkiä korroosion jatkumiselta. Pehmeät vedet syövyttävät sinkkiä voimakkaasti, koska niistä puuttuu suoloja eikä suojaavia kerroksia sen vuoksi muodostu. Eräissä tapauksissa voi sinkin ja teräksen kesken tapahtua myös potentiaalinvaihdos niin, että teräksestä tulee sähköparin epäjalompi puoli (anodi). Sellaisissa tapauksissa on pistesyöpymän vaara suuri. Vedessä olevat hiilihappo, sulfaatit ja kloridit estävät potentiaalimuutoksia, joten sellaista ei tapahdu esim. merivedessä.” (Tunturi ym. 1988, 597-598)

Sinkkipinnoitteen kestoikä on verrattavissa pinnoitteen paksuuteen sekä vallitsevaan ympäristöön. Sinkki syöpyy maaseutuilmastossa noin 0,5 mikrometriä ja kaupunkiilmastossa noin 1 mikrometriä vuodessa. Alin kestoikä on merivedellä. (Suomen kuumasinkitsijät ry [www-sivut 2007](http://www.sivut2007))



Kuva 11. Sinkkipinnoitteen kestoiät erilaisissa ympäristöolosuhteissa. (Suomen kuumasinkitsijät ry [www-sivut 2007](http://www.sivut2007))

Sinkitysmenetelmiä ovat kuumasinkitys, ruiskusinkitys, sähkösinkitys, mekaaninen sinkitys ja sherardisointi. Menetelmän valinta perustuu käsiteltävän kappaleen koosta, muodosta, vaadituista korroosionkesto-ominaisuuksista, ulkonäkövaatimuksista, mekaanisen rasituksen kesto-ominaisuuksista ja eri menetelmien välisistä hintasuhteista. Yleisin ja tärkein sinkitysmenetelmä on kuumasinkitys. Se tuottaa teräksen pinnalle 50–150 mikrometrin paksuisen kerroksen, joka sisältää raudan ja sinkin seosta sekä puhdasta sinkkiä. Kerros saadaan aikaan, kun kappale upotetaan sulaan sinkkiin. Upotus muodostaa kappaleen pinnalle kauttaaltaan tasaisen kerroksen mahdollisista terävistä kulmista huolimatta. Pinnoite myös tunkeutuu vaikeasti käsiteltäviin pintoihin ja muihin ahtaisiin paikkoihin. Kuumasinkityspinnoitteen seoskerrokset ovat kovempia kuin tavalliset rakenneteräokset, joten sen kulutuskestävyys on hyvä. (Tunturi ym. 1988, 603) (Suomen kuumasinkitsijät ry [www-sivut](http://www.sinkitys.fi) 2007)



Kuva 12. Sinkkipinnoitteen muodostuminen verrattuna maalipinnoitteeseen. (Suomen kuumasinkitsijät ry [www-sivut](http://www.sinkitys.fi) 2007)

Sähkökemiallinen korroosio on nesteissä hyvin ratkaiseva. Siinä sinkkikerroksen suojakyky voi ulottua laajemmalle tai suppeammalle alueelle, riippuen nesteen sähköjohtavuudesta. Merivedessä eri metallit ja metalliseokset asettuvat seuraavaan jalousjärjestykseen sähkökemiallisessa jännitesarjassa. (Tunturi ym. 1988, 600)

Taulukko 3. Sähkökemiallinen jännitesarja merivedessä
(Taulavuori, Kyröläinen & Manninen 2012, 17)

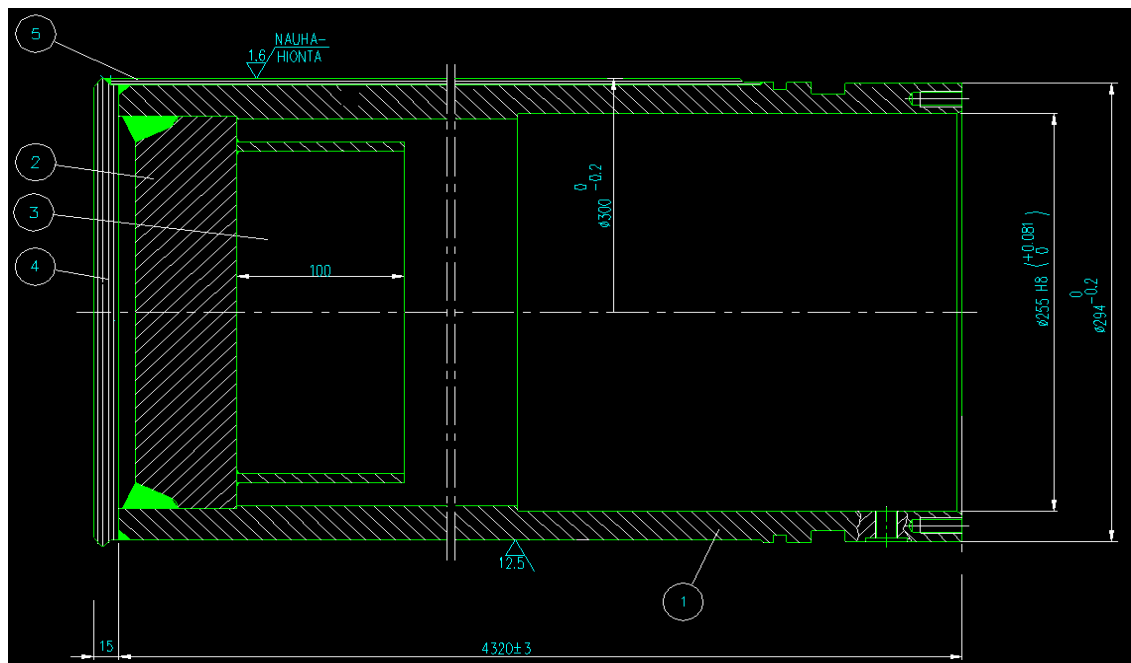


6 VAIHTOEHTOISIA RATKAISUJA

Esittelemällä eri ratkaisuja pyrin selvittämään riittävät taustatiedot kustakin rakenteesta, jotta pystytään vertailemaan kaikkia tasapuolisesti. Tarkoituksena on tutkia rakenteellisia ominaisuuksia, jotta voin tiedustella valmistettavuutta, kustannuksia ja toimitusaikoja. Rakenteellisilla ominaisuuksilla on suuri vaikutus loppuhintaan ja hankintaan, joten ne pitää olla tarkasti esiteltyinä mittoineen ja ainevahvuuksineen unohtamatta muita ominaisuuksia.

6.1 Nykyinen ratkaisu

Nykyinen sylinteriputki on suunniteltu kaksiosaiseksi rakenteeksi ulkopintansa suhteen. Siihen kuuluvat sylinteriputken perusaine teräs ja sen pinnoitus haponkestävä levy. Osa yksi on sylinteriputken perusaine teräs ja osa kolme on 100mm pituinen putkiosa sylinterin sisällä, joka on hitsattu osaan kaksi kiinni. Osat neljä ja viisi ovat haponkestävää levyä.



Kuva 13. CAD- kuva sylinteriputkesta (Rolls-Royce Oy Ab sisäinen tietokanta 2014)

Sylinteriputken ulkopinta on koneistettu haponkestävää levyä varten. Haponkestävä vuorauksen valmistusjärjestys on seuraavanlainen:

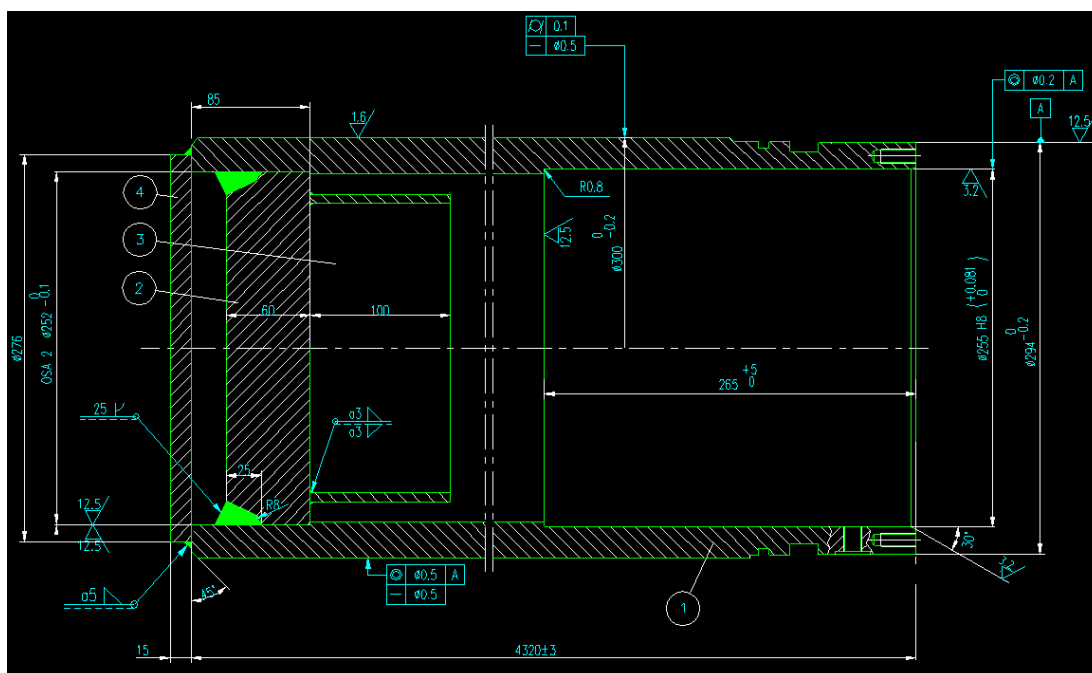
- Levyn rei'itys (tulppahitsit)
- Levyn manklous
- Haponkestävä levy kiristetään teräsvanteilla putken ympärille 20mm välein
- Pitkittäissaumojen silloitus
- Pitkittäissaumojen hitsaus
- Poikittäissaumojen silloitus
- Poikittäissaumojen hitsaus
- Tulppahitsaus
- Pinnan koneistus sorvissa $\varnothing 300\text{mm}$
- Mahdollisten hitsausvirheiden korjaus ja koneistus

Näiden työvaiheiden jälkeen tehdään loput koneistukset ja suoritetaan haponkestävän vuorauksen nauhahionta sorvissa. Sylinteriputken halkaisija ilman haponkestävää pinnoitetta on 294mm. Pinnoitteen jälkeen kokonaishalkaisija sylinterille on 300mm. Kokonaispituus on 4335mm. Nämä arvot ovat laitteesta UL -255, jossa korroosiota on ilmennyt. Sylinteriputkien rakenteissa on vaihtelevuuksia koon mukaan, jolloin myös mitat muuttuvat.

(Rolls-Royce Oy Ab sisäinen tietokanta 2014)

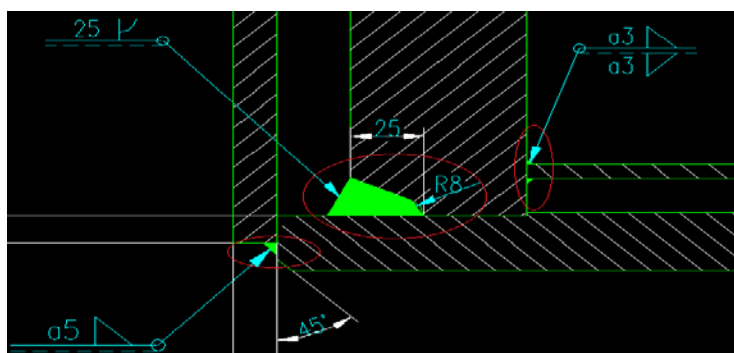
6.2 Duplex

Sylinteriputken perusaineen ollessa materiaaliltaan duplexia, se ei tarvitse erillistä pinnoitusta. Suunnittelussa päädyttiin ratkaisuun, jossa on yksinkertainen rakenne ja joka voidaan koneistaa valmiiksi oikeisiin mittoihin. Tämä ratkaisu tulee sisältämään vähemmän koneistusta ja hitsausta kuin nykyinen rakenne. Osat yksi ja neljä ovat duplex – materiaalia ja osat kaksi ja kolme taas terästä.



Kuva 14. AutoCAD – piirustus duplex versiosta.

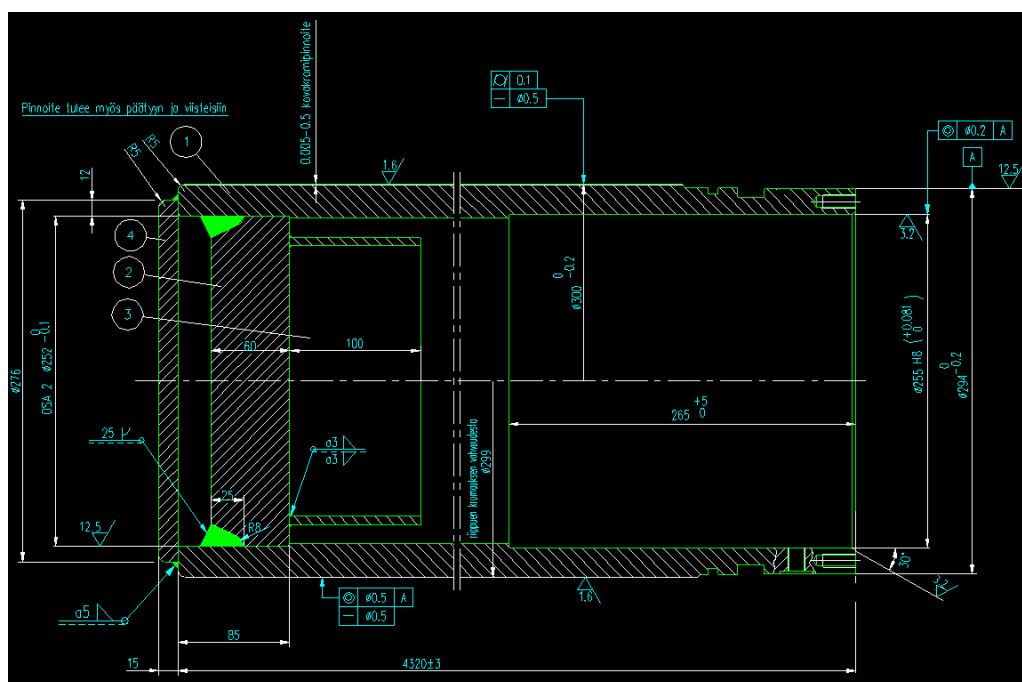
Osa yksi ja neljä ovat molemmat duplex – terästä, jotka hitsataan yhteen kuvan osoittamalla tavalla. Osa kolme on terästä, joka hitsataan kiinni teräskappaleeseen kaksi. Hitsauskohdat on esitetty alla tarkemmin ympyröitynä.



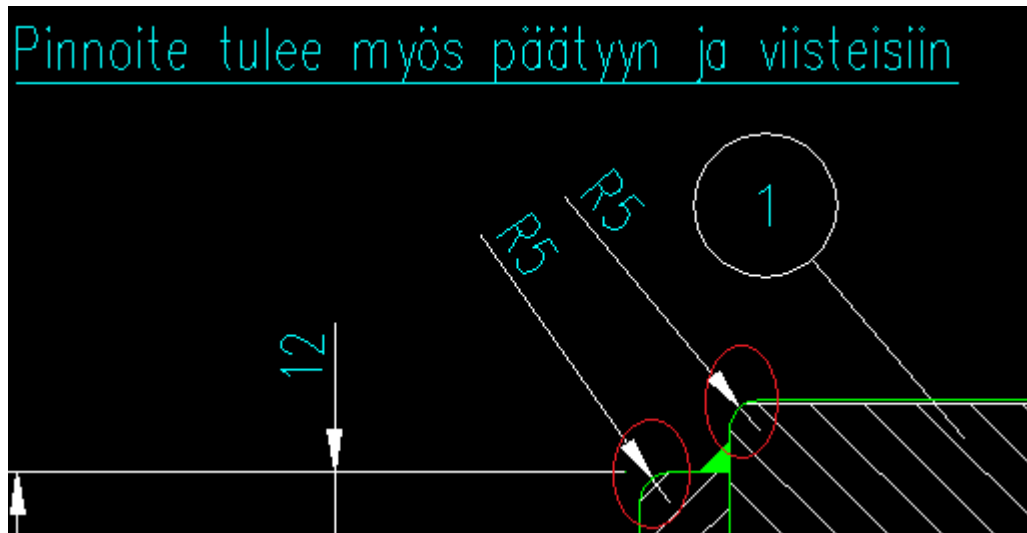
Kuva 15. Hitsauskohdat ympyröity punaisella.

6.3 Kovakromi

Kovakromi pinnoitteessa voidaan käyttää sylinteriputken perusmateriaalina niin terästä kuin ruostumatonta terästä. Ruostumaton teräs antaa paremman korroosiokestävyyden, mutta vaikuttaa toisaalta myös hintaan. Huomioitavaa perusmateriaalissa on sen pinnankarheusvaatimus pinnoitetta varten ja terävien kulmien välttäminen hyvän lopputuloksen aikaansaamiseksi. Kovakromi peilaa kaiken jäljen, joten pinnoitettavan pinnan täytyy vastata lopullista vaatimusta. Sylinteriputki suunniteltiin samalla ajatuksella kuin duplex – versiossa, mutta viisteet lisättiin, jotta pinnoitteella olisi mahdollisimman hyvä tarttuvuus perusmateriaaliin. Ulkomitat pitää suunnitella niin, että siinä otetaan huomioon tulevan pinnoitteen paksuus sekä loppukoneistukset. Päätylaippa ja pyöristykset eivät vaadin tarkkaa toleranssia ulkomittojen suhteen, koska pituudessa on kolme milliä varaa. Kovakromauksen kerrosvahvuus vaihtelee 0,005- 0,5mm välillä. Hitsausseamat ovat myös samat kuin duplex – versiossa.



Kuva 16. AutoCAD – piirustus kovakromi versiosta.

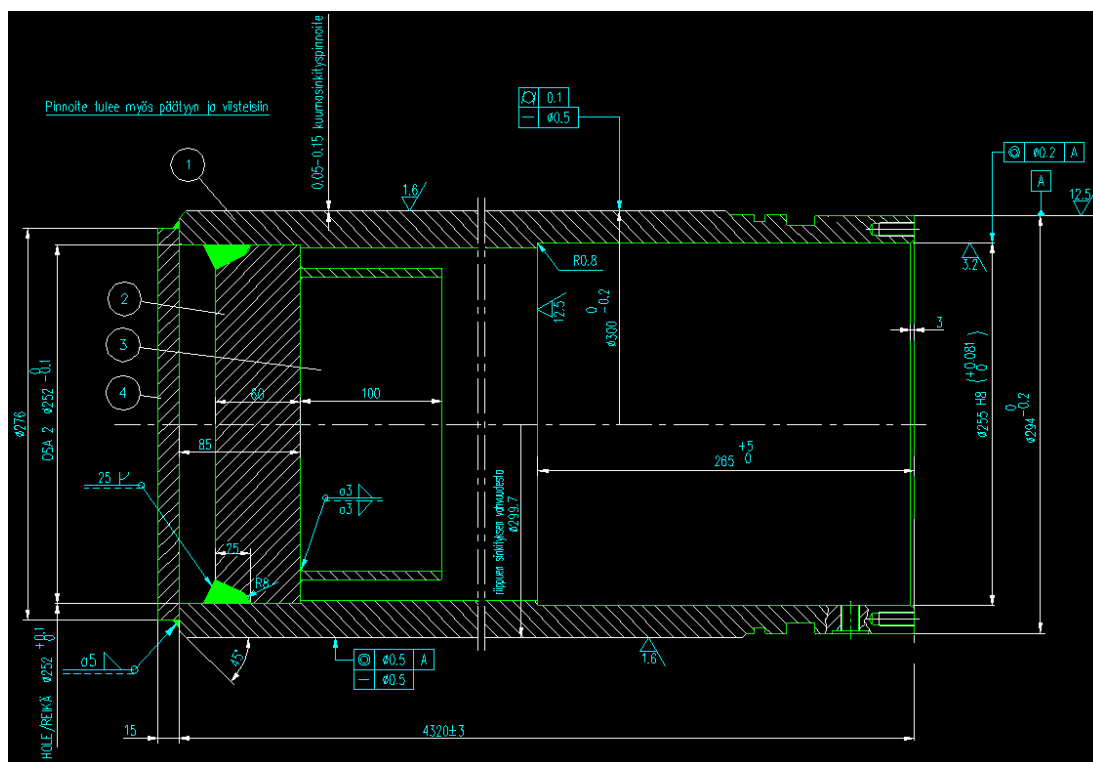


Kuva 17. 5 mm:n pyöristykset.

Kovakromausrupaa kovan ja kulutusta kestävän pinnoitteen alhaisella kitkakertoimella. Suuri kovuus ei kuitenkaan aina lupaa parasta kulumiskestävyyttä. Kovuus, joka vaihtelee 600–1000 HV:n välillä, riippuu kovakromin saostumisolosuhteesta. Tutkimusten mukaan paras kulumiskestävyys saavutetaan 900 HV:llä. (Tunturi ym. 1988, 611). Huomioitavaa on myös sylinterin sisäisen paineen vaikutus pinnoitteen sekä tuen aiheuttama ulkoinen voima putken pintaan.

6.4 Kuumasinkitys

Ennen sinkitystä sylinteriputki puhdistetaan kaikesta liasta, öljystä, mahdollisesta ruosteesta, maalista ja työstön jättämistä jäljistä. Kaikki epäpuhtaudet on poistettava ennen prosessin aloittamista. Perusaineena toimii teräs (S355). Sinkittävä rakenne pitää suunnitella niin, että siinä ei ole umpinaisia tiloja eikä taskuja. Ulkopuoliset kierteet pitää tehdä alamittaisiksi ja pulttiliitosrakenteet valmistettava riittävillä välyksillä, jotta ne on mahdollista asentaa uudelleen sinkityksen jälkeen. Teräviä kulmia ei tarvitse pyöristää, koska pinnoite on yhtä vahva terävistä kulmista huolimatta. Hitsauskohdat ovat samat kuin duplex-versiossa. (Suomen kuumasinkitsijät ry [www-sivut](http://www.sinkitys.fi) 2007)



Kuva 18. AutoCAD – piirustus kuumasinkitys versiosta.

7 HANKINTA JA HINNAT

Tässä kappaleessa esitellään vaihtoehtoisista ratkaisuista toimittajat, toimitusaika ja kustannukset. Toimittajien kartoitus ja hintojen esille tuominen luo pohjan tulosten arvioinnille ja vertailulle. Kokonaiskustannukseen tulee vaikuttamaan mm. raaka-ainehinta, saatavuus ja työstettävyys. Tavoitteena on saada riittävät taustatiedot sylinteriputken valmistuskustannuksista ja toimittajalaajuudesta.

7.1 Nykyinen toimittaja ja kustannus

Käytössä olevan UL 255 nostosylinterin valmistaja ja toimittaja on Yhtiö A. Muita toimittajia nykyisellä ratkaisulla ei ole. Hinta sylinteriputkelle on 6214€ ja se muodostuu seuraavista vaiheista:

- hankitut osat ja palvelut (149 €)
- raaka-aineet (2959,26 €)
- työkustannukset (2458,17 €)

(Taulukot 4, 5 ja 6)

Taulukko 4. Hankitut osat ja palvelut (Vedru sähköposti 16.10.2014)

Part number	Description PROCURED PARTS & SERVICES (including consumables & sub-contract) *** Note Exchange rates & Quotation Year of econs in cell E31***	Supplier name & Location	Lead Time Weeks	Bought in Unit Cost	Quantity Required	Purchase Order Qty	Unit Cost
1	WELDING CONSUMABLES		1 wks	10,00	6,0	€/kg	60,00
2	PLATE 60, S355J2G3, AS FLAME CUTTED PART		2 wks	1,30	30,0	€/kg	39,00
3	TRANSPORTATION CYLINDER PIPE		3 wks	25,00	1,0	€/freight	25,00
4	TRANSPORTATION STAINLESS STEEL PLATES		3 wks	25,00	1,0	€/freight	25,00
						Total Procured Parts & Services	149,00

Taulukko 6. Työvaiheet ja niiden kustannukset (Vedru sähköposti 16.10.2014)

Op.	Set-Up OR Operation (brief Description) - no more than one activity per line.	Workcentre code (equipment type)	Set-Up Quantity (of parts)	Set-Up time (mins)	Operator OR Setter Quantity (equiv. men)	Mature Op. Time (mins) to make Unit of one.	Equipment Cost Rate/Hr.	Op. Cost
1	PLASMA CUTTING	PLASMA	1	10 mins	1	180 mins	43,00	136,17
2	PRE BENDING FOR ROLLER BENDING	MAN	1	15 mins	1	80 mins	43,00	68,08
3	ROLLER BENDING	MAN	1	20 mins	1	140 mins	43,00	114,67
4	TURNING PRE MACHINING	SOR	1	30 mins	1	240 mins	43,00	193,50
5	WELDING MANUAL INTERNAL FLANGE	HIT	1	30 mins	1	80 mins	43,00	78,83
6	TURNING MACHINING OUTSIDE FOR PLATES	SOR	1	40 mins	1	290 mins	43,00	236,50
6	WELDING MANUAL SS STEEL PLATES	HIT	1	80 mins	1	710 mins	43,00	566,17
7	WELDINGS MANUAL SS STEELFLANGE	HIT	1	30 mins	1	60 mins	43,00	64,50
8	TURNING MACHINING, FINAL	SOR	1	40 mins	1	570 mins	43,00	437,17
9	BROACHING MACHINING	APO	1	90 mins	1	310 mins	43,00	286,67
10	BELT GRINDING	HIO	1	40 mins	1	230 mins	43,00	193,50
11	PACKING	PAK	1	20 mins	1	40 mins	43,00	43,00
12	INTERNAL TRANSPORTATION	KUL	1	15 mins	1	40 mins	43,00	39,42
Total Process Costs							2 458,17	

Lopullinen hinta sisältää myös korkokulut ja 10 % marginaalin. Toimitusaika sylinteriputkella on noin 2-3 kk. (Vedru sähköposti 16.10.2014)

7.2 Duplex

Duplex – versiosta saatiin tarjous kahdelta eri toimittajalta. Kahden toimittajan avulla oli mahdollista verrata tarjouksia keskenään. Toinen toimittajasta antoi tarkan määrittelyn mistä hinta muodostuu, kun taas toinen kertoi vain lopullisen hinnan.

Yhtiö B:n tekemä tarjous sisältää vain lopullisen hinnan, eikä kerro mistä hinta muodostuu. Hinta on 15 880,00€ ja kahden ensimmäisen sylinteriputken toimitusaika on 16 viikkoa tilauksesta. (Arvila sähköposti 25.11.2014)

Yhtiö A:n lopullinen kappalehinta sylinteriputkelle on 13 520,00 € Toimitusaika yhdelle sylinteriputkelle on 8 viikkoa ja kymmenen kappaleen erälle 14 viikkoa. Kymmenen kappaleen erässä duplex – aihion metrihinta on 1660€/m ja yhden kappaleen erässä 2410€/m. Tarjous on laskettu 2410€/m mukaan. Hinta muodostuu seuraavista kohdista:

- Hankitut osat ja palvelut (347,75 €)
- Raaka-aineet (10 509,06 €)
- Työkustannukset (1221,92 €)

Hinta sisältää näiden lisäksi myös korkokulut ja 10 %:n marginaalin.

(Taulukot 7, 8 ja 9)

Taulukko 9. Työkustannukset (Rosnell sähköposti 21.11.2014)

[illegible]

7.3 Kovakromi

Kovakromipinnoitteeseen saatiin tarjous kaikilta kolmelta toimittajalta. Kuten aikaisemmassa tarjouksessa, yhtiö A:lta tuli kattava tarjous erittelyineen. Yhtiö A ja yhtiö C kertoivat vaan välttämättömät tiedot, kuten hinnan ja toimitusajan.

Yhtiö B:n tarjous 80-100µm:n kovakromipinnoitteella on 8 400 € kappaleelta. Toimitusaika kahdelle ensimmäiselle sylinteriputkelle on kymmenen viikkoa tilauksesta. (Arvila sähköposti 25.11.2014)

Yhtiö C:n tarjous on 9 326 € ja toimitusaika sama kymmenen viikkoa. (Orpana sähköposti 24.11.2014)

Seuraavassa käyn läpi yhtiö A:lta saadun tarjouserittelyn. Hinta kovakromaukselle on 6 228,00 €, joka muodostuu seuraavista kohdista:

- Hankitut osat ja palvelut (1558,00 €)
- Raaka-aineet (2158,71 €)
- Työkustannukset (1522,92 €)

(Taulukot 10, 11 ja 12)

Hinta sisältää näiden lisäksi myös korkokulut ja 15%:n marginaalin. Kromausprosessi pitää sisällään 2 kerrosta kromia, eli yhteensä 2 x 40µm. Toimitusaika yhdelle sylinteriputkelle on kahdeksan viikkoa tilauksesta. (Rosnell sähköposti 21.11.2014)

Taulukko 11. Raaka-aineet (Rosnell sähköposti 21.11.2014)

Description / Type / Size / Grade *** Note Exchange rates & Quotation Year of econs in cell E57***	Supplier name & Location	Lead Time Weeks	Bought in Cost/UE M	UOM (e.g.. kg)	Gross Usage -quantity	Net Usage - quantity	Unit Cost
HOLLOW BAR 318x36- 4335, S355J0 INTERNAL SAND PLASTED		3 wks	1,97	€/kg	1085,00	1085,00	2137,45
PIPE 219,1X6,3-100		3 wks	1,90	€/KG	3,40	3,40	6,46
PACKING CONSUMABLES, WHEN DELIVERY IN 10 SETS, COST PER ONE ITEM, INCLUDING WOODEN PALLETTE, PACKING WOOD, STEEL TAPE, PLASTICS			14,80	SET	1,00	1,00	14,80
			Total Procured Materials				
			2 158,71				

7.4 Kuumasinkitys

Kuumasinkitystarjous saatiin yhtiöiltä B ja C.

Yhtiö B:n tarjous pitää sisällään seuraavat kohdat:

- 8 250,00€/kpl
- kahden ensimmäisen sylinteriputken toimitusaika 12 viikkoa
- 80-100µm:n pinnoitevahvuus

(Arvila sähköposti 25.11.2014)

Yhtiä C:n tarjous pitää sisällään seuraavat kohdat:

- 7 835,00€/kpl
- yhden sylinteriputken toimitusaika 10 viikkoa
- pinnoitevahvuus ei tiedossa

(Orpana sähköposti 24.11.2014)

8 TULOKSET JA NIIDEN ARVIOINTI

Tarjouksia saatiin yhteensä kolmelta toimittajalta. Seuraavaksi esitetään kaikki tulokset jokaiselta toimittajalta kertomalla hinnan ja toimitusajan, jotta pystytään arvioimaan tuloksia.

Taulukko 13. Hinta

Toimittaja	Duplex	Kovakromi	Kuumasinkitys	Nykyinen
Yhtiö A	13 520,00 €	6 228,00 €	x	6 214,00 €
Yhtiö B	15 880,00 €	8 400,00 €	8 250,00 €	x
Yhtiö C	x	9 326,00 €	7 835,00 €	x

Taulukko 14. Toimitusajat viikoissa yhdelle ja kahdelle laitteelle

Toimittaja	kpl	Duplex	Kovakromi	Kuumasinkitys	Nykyinen
Yhtiö A	1	8	8	x	3
Yhtiö B	2	16	10	12	x
Yhtiö C	1	x	10	10	x

Taulukoista 13 ja 14 pystyy hyvin vertailemaan tuloksia. x – kirjain kertoo, että kyseinen toimittaja ei ole sitä sovellusta tarjonnut. Yhtiö B:n tarjous piti sisällään kahden ensimmäisen laitteen toimitusajan, joten se on merkitty taulukkoon. Yhtiö A, joka on myös nykyisen sylinteriputken toimittaja, tarjoaa edullisimman hinnan duplexille. Toimitusaika on Yhtiö B:n kanssa sama. Yhtiö C ei duplex -versiota tarjonnut. Syy jäi epäselväksi. Taulukko sisältää myös nykyisen sovelluksen hinnan ja toimitusajan vertailun helpottamiseksi.

Yhtiö A:n tarjous kovakromauksesta on myös edullisin, mutta Yhtiö B takaa nopeamman toimitusajan, jos otetaan huomioon, että he toimittavat kaksi laitetta kymmenessä viikossa. Yhtiö A:n edustaja kertoi, että asennus tai käyttöönotto voi aiheuttaa kromikerroksen pinnalle vaurioita, jos sitä kolhitaan tai siihen muuten syntyy naarmuja. Hän epäilee, että vaurio voi mahdollisesti edetä korroosion myötä. Tämä on syytä ottaa huomioon pinnoitetta valittaessa. (Rosnell Sähköposti 21.11.2014)

Yhtiö A:sta tuli perusteltu syy, miksi he eivät kuumasinkitystä tarjonneet. He kertoivat, että kuumasinkitysprosessissa kappale upotetaan sulaan sinkkiin, joten sen rajaaminen pelkästään ulkopintaan ei onnistu. Sinkitys sisäpinnassa voi aiheuttaa ongelmia sisällä vallitsevaan hydrauliikkaöljyyn ja sen puhtauteen. Kysymystä myös herättää, aiheuttaako kuumasinkitysprosessi kappaleen suoruudelle jotain muodonmuutoksia. Näiden perustelujen vuoksi on hyvä miettiä, kannattaako tätä sovellusta valita. (Rosnell Sähköposti 21.11.2014)

9 YHTEENVETO JA KIITOKSET

Yhteenvetona voidaan kertoa, että duplex – versio on korroosionkestävin, mutta samalla myös kallein versio. Sillä on hintaa noin kaksinkertaisesti muihin verrattuna. Mitä kahteen muuhun vaihtoehtoon tulee, niin pinnoitteet ovat suunnilleen saman hintaisia. Mutta kuten kommentit ja kuumasinkityksen taustatiedot kertovat, ei se välttämättä ole korroosionkestävyydeltään paras haastavassa ympäristössä. Mielestäni on siis hyvä vielä käyttää nykyistä ratkaisua muutamasta vikaraportista huolimatta. Nykyinen ratkaisu omaa myös edullisimman hinnan ja nopeimman toimitusajan. Duplex – versio on liian arvokas, kuumasinkitys on liian riskialtis ja kovakromauksesta ei ole kokemusta, vaikka se hinnan puolesta olisikin hyvä vaihtoehto. Vaikka nyt päädyn nykyiseen ratkaisuun, on tärkeää mielestäni seurata tilannetta ja miettiä asiaa uudelleen, jos sylinteriputkessa ilmenee jatkossa korroosiovaurioita.

Kaksi yritystä, yhtiö A ja yhtiö B, ehdottivat omaa ratkaisua sylinteriputkelle. Ne tulivat vasta tarjousvaiheessa ilmi, joten en tutkinut niitä työssäni enempää. Mielestäni on kuitenkin hyvä esittää ne tässä, jotta ne ovat tiedossa, kun ryhdytään valitsemaan vaihtoehtoja sylinteriputken materiaalille tai pinnoitteelle. Yhtiö A ehdotti nykyiseen ratkaisuun muutosta. He ehdottivat, että jos haponkestävälevy liimattaisiin koneistetun putken päälle hitsauksen sijaan. Yhtiö A on valmis kokeilemaan pienen koekappaleen avulla kyseistä ehdotusta kohtuukustannuksella. Yhtiö B ehdottaa kromi karbidi pinnoitetta, joka on tehty termisellä ruiskutuksella. Kappalehinta tälle on 12 100,00 €. Näiden kahden ehdotuksen lisäksi Rolls-Royce Oy Ab:n työntekijä ehdotti sylinteriputken mustanitrausta. Tämä ehdotus tuli myös opinnäytetyöni loppuvaiheessa, joten en alkanut sitä tutkimaan enempää. Kaikki vaihtoehdot on mielestäni hyvä ottaa kuitenkin huomioon.

Työ oli erittäin mielenkiintoinen ja haastava alusta asti. Opin työni aikana todella paljon materiaaleista ja että miten ne käyttäytyvät eri olosuhteissa. Sain suunnitella sylinteriputkea uudelleen jokaiselle sovellukselle sopivaksi. Olen kiitollinen, että minulla oli mahdollisuus tutustua molempiin suojantien ja hakunintien tehtaisiin ja tavata kokeneita insinöörejä ja kuunnella heidän mielipiteitä asiasta. Haluan kiittää Rolls-Royce Oy Ab:ta mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyöni heillä ja myös onnistuneesta yhteistyöstä.

LÄHTEET

Antola, J. Quality Engineer. Damage report. 3.9.2014. Viitattu 8.9.2014

Arvila, O-P. Yhtiö B. Tarjous. Lähetetty 25.11.2014. Viitattu 26.11.2014.

Knuuti, M. Engineering Manager, Rolls-Royce Oy Ab. Rauma. Henkilökohtainen tiedonanto 10.10.2014

Koivisto, Laitinen, Niinimäki, Tiainen, Tiilikka & Tuomikoski, P. 2008. Konetekniikan materiaalioppi. 12. uud. p. Helsinki: Edita.

Orpana, I. Yhtiö C. Tarjous. Lähetetty 24.11.2014. Viitattu 27.11.2014.

Pirkan kovakromaus Oy www-sivut. 2014. Viitattu 11.9.2014.
<http://www.pirkankovakromaus.fi/>

Ramstedt, K. Technical Product Manager, Rolls-Royce Oy Ab. Rauma. Henkilökohtainen tiedonanto 8.9.2014

Rolls-Royce Infocentre www-sivut 2014. Viitattu 3.9.2014.
www.infocentre.rolls-royce.com/

Rolls-Royce Oy Ab presentation. Yrityksen sisäinen tietokanta. Viitattu 3.9.2014.
<http://intra/Intranet/Yritysesittely/>

Rolls-Royce Oy Ab. Yrityksen sisäinen tietokanta. Viitattu 3.9.2014.

Rosnell, S. Yhtiö A. Component Cost Worksheet (CCW). Lähetetty 21.11.2014. Viitattu 26.11.2014.

Ruostemaa, E. Mechanical Engineering, Rolls-Royce Oy Ab. Rauma. Henkilökohtainen tiedonanto 10.10.2014

Sairio, A. Senior Designer, Product Management. Henkilökohtainen tiedonanto. 22.09.2014

Suomen korroosioyhdistys. P. 1988. Korroosiokäsikirja. n:o 6. Hanko: Hangon kirjapaino Oy.

Suomen kuumasinkitsijät ry www-sivut 2007. Viitattu 2.10.2014.
<http://www.kuumasinkitys.fi/>

Taulavuori, T., Kyröläinen, A. & Manninen, T. 2012. Ruostumattomat teräkset. 5. p. Helsinki: Teknologiateollisuus ry.

Vedru, J. Strategic Buyer. Component Cost Worksheet (CCW). Lähetetty 16.10.2014. Viitattu 21.10.2014